

"Express Mail" mailing label number EV 327 134 874 US  
Date of Deposit 7/25/03

Our File No. 9281-4616  
Client Reference No. SN US02054

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:  
Eiichi Komai et al.  
Serial No. To Be Assigned  
Filing Date: Herewith  
For: Nonreciprocal Circuit Element Having  
Excellent Signal Transmission  
Efficiency and Communication  
Apparatus Using Same


### SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

**Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450**

**Dear Sir:**

Transmitted herewith is a certified copy of priority document Japanese Patent Application No. 2002-234070 for the above-named U.S. application.

Respectfully submitted,

  
Anthony P. Curtis, Ph.D.  
Registration No. 46,193  
Attorney for Applicants  
Customer Number 00757

BRINKS HOFER GILSON & LIONE  
P.O. BOX 10395  
CHICAGO, ILLINOIS 60610  
(312) 321-4200

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-234070

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-234070 ]

出 願 人

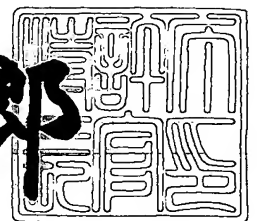
Applicant(s):

アルプス電気株式会社

2003年 3月24日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3019608

【書類名】 特許願

【整理番号】 J96269A1

【提出日】 平成14年 8月 9日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01P 1/36

【発明の名称】 非可逆回路素子及びそれを用いた通信機装置

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 駒井 栄一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 佐藤 弘樹

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプス電気株式会社  
社内

    【氏名】 大西 人司

【特許出願人】

    【識別番号】 000010098

    【氏名又は名称】 アルプス電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100064908

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

    【識別番号】 100108578

    【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 非可逆回路素子及びそれを用いた通信機装置

【特許請求の範囲】

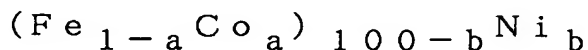
【請求項 1】 フェライトからなる磁性体の一面側に共通電極が配置され、この共通電極外周部から 3 方向に延出形成された 3 つの中心導体が、前記フェライトに配置された磁性組立体と、前記の各中心導体に対応して設けられるとともに対応する中心導体に接続される容量素子と、前記磁性体に直流バイアス磁界を印加する永久磁石とが、磁性ヨークを兼ねる金属製ケース内に収納されてなり、

前記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースの少なくとも一部の飽和磁束密度及び前記永久磁石の残留磁束密度は負の温度係数を有し、しかも前記磁性ヨークの少なくとも一部は  $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において前記永久磁石の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から形成されていることを特徴とする非可逆回路素子。

【請求項 2】 前記磁性材料のキュリー点は  $400^{\circ}\text{C}$  未満であることを特徴とする請求項 1 記載の非可逆回路素子。

【請求項 3】 前記磁性材料のキュリー点は  $100^{\circ}\text{C}$  以上  $300^{\circ}\text{C}$  以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の非可逆回路素子。

【請求項 4】 前記磁性材料は下記組成式で示されるものであることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の非可逆回路素子。



但し、組成比を示す  $a$ 、 $b$  は原子%で、 $0 \leq a \leq 0.1$ 、 $28 \leq b \leq 41$  である。

【請求項 5】 前記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースは上ケースと下ケースとからなり、前記磁性材料は前記上ケースと下ケースのうち前記永久磁石からの距離が近い方のケースの少なくとも一部に用いられていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の非可逆回路素子。

【請求項 6】 前記請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の非可逆回路素子を備えたことを特徴とする通信機装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【 発 明 の 属 す る 技 術 分 野 】

本発明は、携帯電話等の通信機装置に使用されるアイソレータ、サーキュレータ等の非可逆回路素子及びそれを用いた通信機装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【 従 来 の 技 術 】

集中定数型のアイソレータは、信号を伝送方向に損失なく通過させ、逆方向への信号の通過を阻止する機能を備えた高周波部品であり、携帯電話等の移動通信装置の送信回路部に使用されている。このようなアイソレータの一例として、図 1 0 に示す構成のものがある。

図 1 0 に示す従来のアイソレータ 1 0 0 は、イットリウム鉄ガーネットフェライト (Y I G) からなる磁性体 1 0 4 と中心導体 1 0 5 とからなる磁性組立体 1 1 0 と、中心導体 1 0 5 に接続される容量素子基板 1 2 0 と、永久磁石 1 3 0 とを、磁性ヨークを兼ねる金属製上ケース 1 4 1 及び下ケース 1 4 2 内に収納し、磁性組立体 1 1 0 に永久磁石で直流バイアス磁界を印加できる構成とされてなるものである。この従来のアイソレータ 1 0 0 は、携帯電話等の小型の移動通信装置に使用される場合、5 m m 角程度の大きさとされている。

【 0 0 0 3 】

中心導体 1 0 5 は磁性体 1 0 4 の下面に添わせて設けられた共通電極（図示略）と、この共通電極から放射状に 3 方向に延出形成されて磁性体 1 0 4 の表面側に巻き掛けられた第 1 の中心導体 1 0 6 と第 2 の中心導体 1 0 7 と第 3 の中心導体 1 0 8 とから構成されている。前述の各中心導体 1 0 6 ～ 1 0 8 は、アース部となる上記共通電極において連設一体化されている。なお、図面では省略されているが、中心導体 1 0 6、1 0 7、1 0 8 どうしは絶縁シートにより磁性体 1 0 4 の表面側において個々に絶縁されている。

容量素子基板 1 2 0 には、後述の各ポート部に対応する整合用コンデンサが設けられている。

また、先の 3 つの中心導体 1 0 6、1 0 7、1 0 8 の先端部側は磁性体 1 0 4 の側方に突出するように配置されて各ポート部とされている。そして、各ポート

部に上記整合用コンデンサが接続され、ポート部の1つに先の整合用コンデンサを介して終端抵抗が接続されている。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、従来のアイソレータにおいては、磁性体104を構成するYIGは、使用温度範囲（具体的には $-35^{\circ}\text{C}$ ～ $+85^{\circ}\text{C}$ の範囲）では飽和磁束密度（ $4\pi Ms$ ）が24%～34%変化（ $-35^{\circ}\text{C}$ のときの飽和磁束密度に対して $85^{\circ}\text{C}$ のときの飽和磁束密度が24%～34%低下）しており、特に高温になると飽和磁束密度の低下率が大きく、一方、永久磁石130は使用温度範囲で残留磁束密度（ $B_r$ ）が21%～22%しか変化（ $-35^{\circ}\text{C}$ のときの残留磁束密度に対して $85^{\circ}\text{C}$ のときの残留磁束密度が21%～22%低下）していない。

## 【0005】

しかし、従来のアイソレータにおいては、磁性体104の飽和磁束密度の温度特性と永久磁石103は残留磁束密度の温度特性の差が大きいことから、温度が低いところでは磁性体104に適正な直流バイアス磁界がかかっているが、温度が高くなると磁性体104の飽和磁束密度の低下割合が大きくなり、これによって永久磁石103の残留磁束密度が相対的に高くなり、上記磁性ヨーク（上ケース141及び下ケース142）と永久磁石103とで構成される磁気回路から磁性体104に直流バイアス磁界が強くなる傾向がでてくる。このような傾向がでてくると、それに起因してアイソレーションのピークが目標値からずれて、アイソレーションの周波数特性が変化してしまい、挿入損失が大きくなり、信号の伝達効率が低下するという問題があった。

なお、上ケース141及び下ケース142の材質は、SPCC等のほぼ純鉄に近い材料が用いられている。このSPCCはキュリー点（ $T_c$ ）が $727^{\circ}\text{C}$ （ $1000\text{K}$ ）程度であるが、 $T_c$ が $1000\text{K}$ 程度の材料は上記のような使用温度範囲では飽和磁束密度（ $4\pi Ms$ ）が1.0%程度しか変化しないため、磁性体104の飽和磁束密度の温度特性と永久磁石103の残留磁束密度の温度特性の差を補償できない。

## 【0006】



本発明は以上の背景に基づいてなされたもので、温度特性を向上させることで、挿入損失を抑制して信号の伝達効率に優れた非可逆回路素子を提供することを目的とする。

また、本発明は、温度特性を向上させることで、挿入損失を抑制して信号の伝達効率に優れた非可逆回路素子を用いることにより、温度安定性が高い通信機装置を提供することを他の目的とする。

#### 【 0 0 0 7 】

##### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。

本発明の非可逆回路素子は、フェライトからなる磁性体の一面側に共通電極が配置され、この共通電極外周部から3方向に延出形成された3つの中心導体が、前記フェライトに配置された磁性組立体と、前記の各中心導体に対応して設けられるとともに対応する中心導体に接続される容量素子と、前記磁性体に直流バイアス磁界を印加する永久磁石とが、磁性ヨークを兼ねる金属製ケース内に収納されてなり、

前記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースの少なくとも一部の飽和磁束密度及び前記永久磁石の残留磁束密度は負の温度係数を有し、しかも前記磁性ヨークの少なくとも一部は $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において永久磁石の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から形成されていることを特徴とする。

即ち、本発明は、上記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースの少なくとも一部の飽和磁束密度及び前記永久磁石の残留磁束密度は負の温度係数を有し、しかも上記磁性材料（上記磁性ヨークの少なくとも一部を形成する磁性材料）の $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲における飽和磁束密度の温度係数の絶対値が、上記永久磁石の $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲における残留磁束密度の温度係数の絶対値より大きいことを特徴とする。

#### 【 0 0 0 8 】

かかる非可逆回路素子によれば、 $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲（使用温度範囲）において使用温度が高い場合には上記永久磁石の残留磁束密度の低下割合

は小さく、上記磁性体の飽和磁束密度の低下割合が大きくなっても、上記金属製ケースに備えられた上記磁性材料の飽和磁束密度の低下割合は大きくなるので、上記永久磁石と磁性ヨーク（金属製ケース）とで構成される磁気回路から上記磁性体にかかる直流バイアス磁界は上記磁性材料の作用によって少なくなるので、上記永久磁石の残留磁束密度が相対的に高くなることによるバイアス磁界への影響を防止でき、上記フェライトからなる磁性体に適正な直流バイアス磁界を印加することができる。一方、使用温度が低い場合には上記磁性体の飽和磁束密度の低下割合が小さく（飽和磁束密度の変化率が小さく）、また、上記磁性材料の飽和磁束密度の低下割合も小さい（飽和磁束密度の変化率が小さい）ので、永久磁石の残留磁束密度が相対的に高くなることがなく、上記フェライトからなる磁性体に適正な直流バイアス磁界を印加することができる。

## 【 0 0 0 9 】

即ち、本発明の非可逆回路素子によれば、 $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において永久磁石の残留磁束密度の温度係数と、フェライトからなる磁性体の飽和磁束密度の温度係数の差が大きくても、この温度係数の差は上記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースに用いた磁性材料によって補償されるので、使用温度によって磁性体に直流バイアス磁界が強くなることを防止でき、アイソレーションのピークがずれることが改善され、アイソレーションの周波数特性が変化するのを防止できる。

## 【 0 0 1 0 】

従って、本発明の非可逆回路素子は、温度特性を向上させることができ、これにより挿入損失の温度変化を低減して信号の伝達効率を向上することができる。また、本発明の非可逆回路素子は、上記のように金属製ケースの少なくとも一部を上記の磁性材料から構成することで、上記永久磁石と上記磁性体の温度係数の差を補償することができるので、上記永久磁石や上記磁性体として温度係数の差が大きいものを使用することができ、永久磁石や磁性体の材料選択性が広がる。また、本発明の非可逆回路素子は、5 mm角以下に小型化されたものであっても上記のような効果を得ることができる。

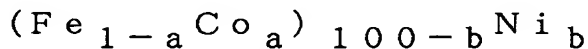
## 【 0 0 1 1 】

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記磁性材料のキュリー点は400℃未満であることが好ましく、100℃以上300℃以下であることがより好ましい。キュリー点が400℃未満の磁性材料は、 $-35^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 付近での飽和磁束密度の温度係数が $-0.19\%/^{\circ}\text{C}$ 以下と変化が大きくなるので、永久磁石の残留磁束密度変化が相対的に高くなることに起因してバイアス磁界変化が大きくなるのを効果的に防ぐことができる。

キュリー点が100℃以上300℃以下の磁性材料は、 $-35^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 付近で飽和磁束密度が大きく変化する( $-0.52\%/^{\circ}\text{C} \sim -0.19\%/^{\circ}\text{C}$ )ので、このような磁性材料を用いると、非可逆回路素子を $-35^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 付近で使用する場合に、永久磁石の残留磁束密度の温度係数と、フェライトからなる磁性体の飽和磁束密度の温度係数の差が大きくても、この温度係数の差は上記磁性材料によって効果的に補償できる。

#### 【0012】

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記磁性材料は下記組成式で示されるものであることが好ましい。



但し、組成比を示す $a$ 、 $b$ は原子%で、 $0 \leq a \leq 0.1$ 、 $28 \leq b \leq 41$ である。

前記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースに用いる磁性材料が $(\text{Fe}_{1-a}\text{Co}_a)_{100-b}\text{Ni}_b$ なる組成のものであれば、キュリー点が100℃以上300℃以下を示すことができる。CoをFeの10%以下の範囲で置換されていてもよく、Coが添加されることにより磁歪の低減効果が得られる。

#### 【0013】

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースは上ケースと下ケースとからなり、前記磁性材料は前記上ケースと下ケースのうち前記永久磁石からの距離が近い方のケースの少なくとも一部に用いられていることが、使用温度が高い場合に上記磁性体の飽和磁束密度の低下割合が大きくなっても、上記永久磁石と磁性ヨークとを含む磁気回路に上記磁性材料の作用が及び易く、上記磁気回路から上記磁性体に向けられる直流バイアス磁界が小さ

くなり、上記永久磁石の残留磁束密度が相対的に高くなることによるバイアス磁界への影響を防止する効果を向上できる。

#### 【 0 0 1 4 】

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記金属製ケースにおいて、上記磁性材料からなる部分以外の材料は、純鉄又は S P C C 等のほぼ純鉄に近い材料が用いられることが好ましい。

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記永久磁石の材料は、 $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において前記フェライトからなる磁性体の飽和磁束密度の温度係数の絶対値より残留磁束密度の温度係数の絶対値が20%以上小さい硬磁性材料が用いられることが、本発明の効果を顕著に発揮できる点で好ましい。

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記金属製ケースの表面に、Cu、Ag、Au、Niのうち少なくとも1種の金属メッキが施されていてもよい。

また、本発明の非可逆回路素子においては、前記金属製ケースの厚みは、 $120\mu\text{m}$ 以下であることが、小型化及び軽量化できる点で好ましい。

#### 【 0 0 1 5 】

また、本発明の通信機装置は、前記のいずれかの構成の本発明の非可逆回路素子を備えたことを特徴とする。

本発明の通信機装置によれば、温度特性を向上させることにより、挿入損失の温度特性を抑制して信号の伝達効率に優れた本発明の非可逆回路素子が備えられたことで、温度安定性が高い通信機装置を提供できる。また、本発明の非可逆回路素子は、5mm角以下に小型化されたものであっても、温度特性が優れ、挿入損失の温度変化を抑制して信号の伝達効率に優れたものである。その結果としてこの非可逆回路素子を備えた本発明の通信機装置によれば、小型で、温度安定性が高い通信機装置を提供できる。

#### 【 0 0 1 6 】

##### 【発明の実施の形態】

以下に本発明を更に詳細に説明する。

(非可逆回路素子の第1の実施の形態)

図1～図3は本発明に係る非可逆回路素子をアイソレータとして適用した第1

の実施の形態を示すものである。

この実施形態のアイソレータ 1 は、磁性ヨークを兼ねる金属製上ケース 2 と金属製下ケース 3 とで構成される磁気閉回路内に、後述の磁性体基板 5 に直流バイアス磁界を印加する永久磁石（磁石部材） 4 と、フェライト等の強磁性体からなる磁性体基板（磁性体） 5 と、中心導体 6、7、8 と、これら中心導体 6、7、8 を接続した共通電極 10 と、磁性体基板 5 の周囲に配置されたコンデンサ基板（容量素子） 11、12 と、終端抵抗 13 とを備えて構成されている。

このアイソレータ 1 の全体大きさは、3 mm～7 mm 角程度のものであり、小型化の点で 5 mm 角以下とされるのが好ましい。このアイソレータ 1 は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲内で使用されるものである。

#### 【0017】

上ケース 2 と下ケース 3 は 4 角形状の箱型に形成されている。

上ケース 2 は側面視コ字型で、側面視コ字型の下ケース 3 に嵌め込み自在の大きさとされており、上ケース 2 と下ケース 3 の互いの開口部分を嵌め合わせることで両者を一体として箱型の磁気閉回路を構成することができるよう構成されている。

上ケース 2 と下ケース 3 のうち永久磁石 4 からの距離が近い方のケース、本実施形態では上ケース 2 は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において永久磁石 4 の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度（ $4\pi Ms$ ）の温度係数（ $\alpha 4\pi Ms$ ）の絶対値が大きい磁性材料から形成されている。即ち、上ケース 2 を形成する磁性材料の  $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲における飽和磁束密度の温度係数の絶対値が、永久磁石 4 の  $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲における残留磁束密度の温度係数の絶対値より大きい。

本実施形態での永久磁石 4 の材質は残留磁束密度が負の温度係数を有するものであり、また、上ケース 2 の材質は飽和磁束密度が負の温度係数を有するものである。

本実施形態での永久磁石 4 の材質は、後述するように  $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において残留磁束密度の温度係数が  $-0.16\%/^{\circ}\text{C} \sim -0.2\%/^{\circ}\text{C}$  程度の硬磁性材料が用いられているので、上ケース 2 の材質としては  $-35^{\circ}\text{C}$  以

上+85℃の温度範囲において飽和磁束密度の温度係数が-0.19%/℃~-0.52%/℃のものが用いられる。

なお、飽和磁束密度( $4\pi Ms$ )の温度係数( $\alpha 4\pi Ms$ )は、以下の式で定義される。

$$\alpha 4\pi Ms = \Delta 4\pi Ms / (4\pi Ms \cdot \Delta T)$$

(式中、 $\Delta 4\pi Ms$ は温度差 $\Delta T$ における $4\pi Ms$ の変化量である。)

従って、飽和磁束密度の温度係数の絶対値は、以下の式で定義される。

$$|\alpha 4\pi Ms| = |\Delta 4\pi Ms / (4\pi Ms \cdot \Delta T)|$$

(式中、 $\Delta 4\pi Ms$ は温度差 $\Delta T$ における $4\pi Ms$ の変化量である。)

【0018】

上ケース2に用いる上記磁性材料は、キュリー点が400℃未満のものであることが好ましい。キュリー点が400℃未満の磁性材料は、-35℃~+85℃付近での飽和磁束密度の温度係数が-0.19%/℃以下と変化が大きくなるので、永久磁石の残留磁束密度変化が相対的に高くなることに起因してバイアス磁界変化が大きくなるのを効果的に防ぐことができる。

また、上ケース2に用いる上記磁性材料は、キュリー点が100℃以上300℃以下のものがより好ましい。キュリー点が100℃以上300℃以下の磁性材料は、-35℃~+85℃付近で飽和磁束密度が大きく低下する(-0.52%/℃~-0.20%/℃)ので、このような磁性材料を用いると、アイソレータ1を-35℃~+85℃付近で使用する場合に、永久磁石4の残留磁束密度の温度係数と、磁性体基板5の飽和磁束密度の温度係数の差が大きくても、この温度係数の差は上記磁性材料によって効果的に補償できる。また、上ケース2に用いる上記磁性材料のキュリー点は、さらに好ましくは100℃以上230℃以下であると良い。

【0019】

上記のような温度特性を有する磁性材料の具体例としては、 $(Fe_{1-a}Co_a)^{100-b}Ni_b$ なる組成式で示されるものを挙げることができる。このFe-Ni系又はFe-Co-Ni系の磁性材料において、キュリー点はNiの含有量に依存するため、上記組成式においてNiの組成比を示すbが28原子%

以上 4 1 原子%以下であれば、キュリー点が 1 0 0℃以上 3 0 0℃以下を示すことができる。Ni の含有量が 4 1 原子%を越えるとキュリー点が高くなり温度係数の補償効果が小さくなり、2 8 原子%未満になるとキュリー点が低くなりすぎて温度係数の補償効果が大きすぎる状態となってしまう。また、Ni の組成比を示す b は、より好ましくは 3 1 原子%以上 3 6 原子%以下とすると良い。

Fe 又は Fe と Co の含有量は、5 9 原子%以上 7 2 原子%以下とされる。

Co は Fe の 1 0 %以下の範囲で置換されていてもよく、Co が添加されることにより磁歪の低減効果が得られる。Co の添加量が 1 0 %を越える（上記組成式において Co の組成比を示す a が 0. 1 を越える）と、コスト高となり不利である。

#### 【0 0 2 0】

下ケース 3 は、SPCC 等のほぼ純鉄に近い材料から形成されている。

なお、これら上下のケース 2、3 の表裏面には Cu、Ag、Au、Ni のうち少なくとも 1 種の金属メッキなどの導電層が被覆形成されていることが好ましい。

上ケース 2 の厚みは、1 0 0～2 5 0  $\mu$ m 程度のものであり、小型化及び軽量化の点で 1 2 0  $\mu$ m 以下が好ましい。

下ケース 3 の厚みは、1 0 0～2 0 0  $\mu$ m 程度のものであり、小型化及び軽量化の点で 1 2 0  $\mu$ m 以下が好ましい。

なお、これらのケース 2、3 の形状はこの実施形態の如くコ字型に限るものではなく、複数のケースで箱型の閉磁器回路を構成するものであれば、任意の形状で差し支えない。

#### 【0 0 2 1】

前記の如く嵌め合わされた上ケース 2 と下ケース 3 が囲む空間には、換言すると上ケース 2 と下ケース 3 からなる閉磁気回路内には、先の磁性体基板 5 と 3 本の中心導体 6、7、8 とこれら中心導体 6、7、8 を接続した共通電極 1 0 とからなる磁性組立体 1 5 が収納されている。従って、本実施形態のアイソレータは磁性組立体 1 5 を有している。

磁性体基板 5 は、フェライトなどの強磁性体からなり、図 2 に示すように平面

視横長の略長方形板状とされている。より詳細には、相対向する横長の2つの長辺5 a、5 aと、これらの長辺5 a、5 aに直角向きの短辺5 b、5 bと、長辺5 a、5 aの両端部側に位置して各長辺5 aに対して150°の角度で傾斜し（長辺5 aの延長線に対しては30°の傾斜角度で傾斜し）、個々に先の短辺5 bに接続する4つの傾斜辺5 dとから構成される平面視横長の略長形状とされている。従って磁性体基板5の平面視4つのコーナ部には、それぞれ長辺5 aに対する150°傾斜（短辺5 bに対して120°傾斜）の傾斜面（受面）5 dが形成されている。

この磁性体基板5は、-35℃以上+85℃の温度範囲において飽和磁束密度の温度係数が-0.25%/℃程度のものであり、従って、上記温度範囲において飽和磁化の温度変化が-24%~-32%程度のものである。このような特性を示すフェライトの具体例としては、 $Y_3Fe_{4.37}Al_{0.57}O_{12}$ 、 $Y_3Fe_{4.105}Al_{0.83}O_{12}$ 等を挙げるができる。

#### 【0022】

また、この磁性体基板5においては、その横方向、即ち長手方向の幅と、その縦方向、即ち長手方向に直交する方向の幅との比、即ち縦横比が25%（1：4）以上、80%（4：5）以下の範囲、即ち平面視横長であることが好ましい。

なお、ここで、図1に示すものは平面視横長の磁性体基板5であるが、図1を90°回転させた横方向から見ると、磁性体基板5は縦長形状となる。よって本発明では、磁性体基板5は横長形状でも縦長形状でも全く等価のものとする。

#### 【0023】

先の3本の中心導体6、7、8と共通電極10は図3の展開図に示すように一体化されてなり、3本の中心導体6、7、8と共通電極10とを主体として電極部16が構成されている。この共通電極10は、平面視先の磁性体基板5とほぼ相似形状の金属板からなる本体部10Aから構成されている。即ち、本体部10Aは相対向する2つの長辺部10a、10aと、これらの長辺部10a、10aに直角向きの短辺部10b、10bと、長辺部10a、10aの両端部側に位置して各長辺部10aに対して150°の角度で傾斜し、先の短辺部10bに対しては120°の傾斜角度で接続する4つの傾斜部10dとから構成される平面視



略長方形（矩形状）とされている。

【 0 0 2 4 】

そして、先の共通電極 1 0 の 4 つのコーナ部の傾斜部 1 0 d のうち、一方の長辺部側の 2 つの傾斜部 1 0 d から第 1 の中心導体 6 と第 2 の中心導体 7 が延出形成されている。まず、先の 2 つの傾斜部 1 0 d の一方から、第 1 の基部導体 6 a と第 1 の中央部導体 6 b と第 1 の先端部導体 6 c からなる第 1 の中心導体 6 が延出形成される一方、先の傾斜部 1 0 d の他方から、第 2 の基部導体 7 a と第 2 の中央部導体 7 b と第 2 の先端部導体 7 c とからなる第 2 の中心導体 7 が延出形成されている。

基部導体 6 a、7 a はいずれも傾斜部 1 0 d を延長するように傾斜部 1 0 d と同じ幅に形成されていて、基部導体 6 a、7 a はそれらの中心軸線 A、A どうしがなす角度  $\theta 1$  が図 3 に示すように  $60^\circ$  程度とされている。

【 0 0 2 5 】

第 1 の中央部導体 6 b は、平面視波形あるいはジクザグ状のものであり、基部導体側端部 6 D と、先端部導体側端部 6 F と、これらの間の中央部 6 E の 3 つの部分からなる。第 2 の中央部導体 7 b も第 1 の中央部導体 6 b と同様の形状であり、基部導体側端部 7 D と、先端部導体側端部 7 F と、これらの間の中央部 7 E の 3 つの部分からなる。第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b を上記のような形状とすることで、中心導体の実質的な導体長を長くして第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b のインダクタンスを大きくし、非可逆回路素子としての低周波化と小型化を両立させることができる。

基部導体側端部 6 D、7 D は、図 3 に示すようにそれらの中心軸線 B、B どうしがなす角度  $\theta 3$  が上記角度  $\theta 1$  と同程度の角度以上とされており、即ち、基部導体側端部 6 D、7 D が徐々に外側に広がるような角度とされている。

中央部 6 E、7 E は、図 3 に示すようにそれらの中心軸線 B、B どうしが徐々に近接するように形成されている。

先端部導体側端部 6 F、7 F は、図 3 に示すようにそれらの中心軸線 B、B どうしがなす角度  $\theta 3$  が上記角度  $\theta 1$  より大きい角度とされており、即ち、先端部導体側端部 6 F、7 F が徐々に外側に広がるような角度とされている。

更に先端部導体 6 c、7 c は、図 3 に示すようにそれらの中心軸線 C、C' ough しがなす角度  $\theta_2$  が  $150^\circ$  程度の角度以上とされており、即ち、先端部導体 6 c、7 c が徐々に外側に広がるような角度とされている。

#### 【0026】

次に、第 1 の中心導体 6 の幅方向中央部には、共通電極 10 の外周部から基部導体 6 a と中央部導体 6 b を通過し先端部導体 6 c の基端部まで到達するスリット部 18 が形成され、このスリット部 18 を形成することにより中央部導体 6 b が 2 本の分割導体 6 b 1、6 b 2 に分割され、基部導体 6 a も 2 本の分割導体 6 a 1、6 a 2 に分割されている。

第 2 の中心導体 7 の幅方向中央部にも上記スリット部 18 と同様のスリット部 19 が形成され、このスリット部 19 を形成することにより中央部導体 7 b が 2 本の分割導体 7 b 1、7 b 2 に分割され、基部導体 7 a も 2 本の分割導体 7 a 1、7 a 2 に分割されている。

スリット部 18 の共通電極 10 側の端部は、接続導体 6 a を通過して共通電極 10 の外周部から若干深い位置まで到達することで凹部 18 a を形成し、第 1 の中心導体 6 の線路長を若干長くしているとともに、スリット部 19 の共通電極 10 側の端部も接続導体 7 a を通過して共通電極 10 の外周部まで到達することで凹部 19 a を形成し、第 2 の中心導体 7 の線路長を若干長くしている。なお、凹部 18 a、凹部 19 a は必要に応じて設ければ良く、なくても良い。

#### 【0027】

一方、共通電極 10 の他方の長辺部 10 a 側の中央部に第 3 の中心導体 8 が延設されている。この第 3 の中心導体 8 は共通電極 10 から突出形成された第 3 の基部導体 8 a と第 3 の中央部導体 8 b と第 3 の先端部導体 8 c とから構成されている。第 3 の基部導体 8 a は、共通電極 10 の長辺側中央部からほぼ直角に延出形成された 2 本の短冊状の分割導体 8 a 1、8 a 2 からなり、2 本の分割導体 8 a 1、8 a 2 の間にはスリット 20 が形成されている。

第 3 の中央部導体 8 b は、平面視 L 字型に湾曲して形成されており、先の分割導体 8 a 1 に接続する平面視 L 字状の分割導体 8 b 1 と先の分割導体 8 a 2 に接続する平面視 L 字状の分割導体 8 b 2 とからなり、第 3 の中央部導体 8 b をこの

ように湾曲して形成することにより中心導体の実質的な導体長を長くしてインダクタンスを大きくし、非可逆回路素子としての低周波化と小型化を両立させることができる。

## 【 0 0 2 8 】

更に、これらの分割導体 8 b 1、8 b 2 の先端側は L 字型の第 3 の先端部導体 8 c に一体化されている。この第 3 の先端部導体 8 c は、先の分割導体 8 b 1、8 b 2 を一体化して先の分割導体 8 a 1、8 a 2 と同じ方向に向けて延出形成された接続部 8 c 1 とこの接続部 8 c 1 に対してほぼ直角方向に延出形成された接続部 8 c 2 とから構成されている。

次に、共通電極 1 0 の一方の長辺部 1 0 a 側において、第 3 の中心導体 8 の分割導体 8 a 1、8 a 2 の間の部分には、共通電極 1 0 の長辺部 1 0 a を一部切り欠く形で凹部 1 0 e が形成され、この凹部 1 0 e を形成することで第 3 の中心導体 8 の線路長が若干長くされている。なお、この凹部 1 0 e も、先の凹部 1 8 a、1 9 a と同じく、必要に応じて設ければ良い。

## 【 0 0 2 9 】

前記の如く構成された電極部 1 6 は、その共通電極 1 0 の本体部 1 0 A を磁性体基板 5 の裏面側（一面側）に添わせ、第 1 の中心導体 6 と第 2 の中心導体 7 と第 3 の中心導体 8 とを磁性体基板 5 の表面側（他面側）に折り曲げて磁性体基板 5 に装着され、磁性体基板 5 とともに磁性組立体 1 5 を構成している。

即ち、第 1 の中心導体 6 の分割導体 6 a 1、6 a 2 を磁性体基板 5 の 1 つの傾斜面 5 d の縁に沿って折り曲げ、第 2 の中心導体 7 の分割導体 7 a 1、7 a 2 を磁性体基板 5 の他の 1 つの傾斜面 5 d の縁に沿って折り曲げ、第 3 の中心導体 8 の分割導体 8 a 1、8 a 2 を磁性体基板 5 の長辺 5 a の縁に沿って折り曲げ、第 1 の中心導体 6 の中央部導体 6 a を磁性体基板 5 の表面（他面）に沿って添わせ、第 2 の中心導体 7 の中央部導体 7 b を磁性体基板 5 の表面（他面）に沿って添わせ、更に第 3 の中心導体 8 の中央部導体 8 b を磁性体基板 5 の表面部の中央部分に沿って添わせることで電極部 1 6 が磁性体基板 5 に装着されて磁性組立体 1 5 とされている。

## 【 0 0 3 0 】

第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b は上記構成とされているので、上記のように磁性体基板 5 の表面（他面）に沿って添わせると、該磁性体基板 5 の表面上で第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b が交差している。図 1 には、中央部 6 E、7 E が重複している場合を図示した。

第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b の交差部 3 5 の両中央部導体の重複部分の長さ  $L_3$  は、磁性体基板 5 の表面（他面）に重なる中央部導体部分の長さ  $L_4$  の 1 0 % 以上、好ましくは 2 0 % 以上とされている。図 1 には、交差部 3 5 の両中央部導体の重複部分の長さ  $L_3$  が磁性体基板 5 の表面に重なる中央部導体部分の長さ  $L_4$  の約 7 5 % である場合を図示した。

なお、第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b の重複部分の長さ  $L_3$  の上限としては、第 1 と第 2 の中心導体 6、7 の形状等を変更、例えば、第 1 と第 2 の基部導体 6 a、7 a の中心軸線 A、A どうしがなす角度  $\theta_1$  や第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b の各部分の中心軸線 B、B どうしがなす角度  $\theta_3$  を変更することにより、磁性体基板 5 の表面に重なる中央部導体部分の長さ  $L_4$  の 1 0 0 % まで可能である。

#### 【 0 0 3 1 】

また、第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b の重複部分が交差する場合、その交差角度が 3 0 度以下であることが好ましく、さらに好ましくは 1 5 度以下である。

また、第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b の重複部分の第 1 と第 2 の中央部導体 6 b、7 b は交差せず、略平行であることがさらに好ましい。

図 1 には、中央部 6 E、7 E の中心軸線 B、B が平行である場合を図示した。

なお、図 1（A）では略したが、磁性体基板 5 と第 1 の中心導体 6 と第 2 の中心導体 7 と第 3 の中心導体 8 との間には各々に絶縁シート Z が介在されて各中心導体 6、7、8 は個々に電氣的に絶縁されている。

#### 【 0 0 3 2 】

次に、磁性組立体 1 5 は下ケース 3 の底部中央側に配置され、下ケース 3 の底部側の磁性組立体 1 5 の両側部分には平面視細長で先の磁性体基板 5 の半分程度の厚さの板状のコンデンサ基板（容量素子）1 1、1 2 が収納され、コンデンサ

基板 1 2 の一側部側には終端抵抗 1 3 が収納されている。

そして、先の第 1 の中心導体 6 の先端部導体 6 c を先のコンデンサ基板 1 1 の一側端部に形成されている電極部 1 1 a に電氣的に接続し、先の第 2 の中心導体 7 の先端部導体 7 c を先のコンデンサ基板 1 1 の他側端部に形成されている電極部 1 1 b に電氣的に接続し、先の第 3 の中央部導体 8 の先端部導体 8 c をコンデンサ基板 1 2 と終端抵抗 1 3 に電氣的に接続して磁性組立体 1 5 にコンデンサ基板 1 1、1 2 と終端抵抗 1 3 とが接続されている。なお、終端抵抗 1 3 を接続しなければ、サーキュレータとして作用する。

#### 【 0 0 3 3 】

先端部導体 7 c の部分が接続されたコンデンサ基板 1 1 の端部側に非可逆回路素子 1 としての第 1 ポート P 1 が形成され、先端部導体 6 c の部分が接続されたコンデンサ基板 1 1 の端部側に非可逆回路素子 1 としての第 2 ポート P 2 が形成され、先端部導体 8 c の部分が接続された終端抵抗 1 3 の端部側がアイソレータ 1 としての第 3 ポート P 3 とされている。

#### 【 0 0 3 4 】

また、下ケース 3 と上ケース 2 との間の空間部において磁性組立体 1 5 はその空間部の厚さの半分程を占有する厚さに形成されているので、磁性組立体 1 5 よりも上ケース 2 側の空間部分には、図 1 B に示すスペーサ部材 3 0 が収納され、該スペーサ部材 3 0 に永久磁石 4 が設置されている。この永久磁石 4 の材質は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において残留磁束密度の温度係数が  $-0.16\%/^{\circ}\text{C} \sim -0.2\%/^{\circ}\text{C}$  であり、従って上記温度範囲において残留磁束密度の温度係数の絶対値が  $0.16\%/^{\circ}\text{C} \sim 0.2\%/^{\circ}\text{C}$  程度の硬磁性材料が用いられている。また、この永久磁石 4 の材質は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において磁性体基板 5 の飽和磁束密度の温度係数の絶対値より残留磁束密度の温度係数の絶対値が 20% 以上小さい硬磁性材料が用いられる。上記のような温度特性を有する硬磁性材料としては、フェライト磁石等が挙げられる。

#### 【 0 0 3 5 】

先のスペーサ部材 3 0 は、上ケース 2 の内部に収納可能な大きさの平面視矩形板状の基板部 3 1 と、この基板部 3 1 の底部側の 4 隅の各コーナ部分に形成され

た脚部 3 1 a とからなり、基板部 3 1 において脚部 3 1 a … が形成されていない側の面（上面）に円型の収納凹部 3 1 b が形成され、該収納凹部 3 1 b の底面側には基板部 3 1 を貫通する矩形型の透孔（図示略）が形成されている。

## 【 0 0 3 6 】

そして、先の収納凹部 3 1 b に円盤状の永久磁石 4 が嵌め込まれ、この永久磁石 4 を備えた状態のスペーサ部材 3 0 がそれらの 4 つの脚部 3 0 a で先のコンデンサ基板 1 1、1 2 とこれらに接続されている第 1 の先端部導体 6 c、7 c、並びに、終端抵抗 1 3 とこれに接続されている先端部導体 8 c の先端部を下ケース 3 の底部側に押さえ付け、スペーサ部材 3 0 の底部により磁性組立体 1 5 を下ケース 3 の底面側に押さえ付けた状態でケース 2、3 の間に収納されている。

アイソレータ 1 は、上記のようにして第 1 の中心導体 6 と第 2 の中心導体 7 がいずれも磁性体基板 5 の表面側に折り畳まれたので、入力側の中心導体から磁性体基板 5 に入力された信号を出力側に伝搬させることができる。

## 【 0 0 3 7 】

本実施の形態のアイソレータ 1 は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において永久磁石 4 の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から上ケース 2 を構成したので、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において使用温度が高い場合に永久磁石 4 の残留磁束密度の低下割合は小さく、磁性体基板 5 の飽和磁束密度の低下割合が大きくなっても、上ケース 2 を構成する磁性材料の飽和磁束密度の低下割合は大きくなるので、永久磁石 4 と上下のケース 2、3 とで構成される磁気回路から磁性体基板 5 にかかる直流バイアス磁界は上記磁性材料の作用によって少なくなり、永久磁石 4 の残留磁束密度が相対的に高くなることによるバイアス磁界への影響を防止でき、磁性体基板 5 に適正な直流バイアス磁界を印加することができる。

一方、使用温度が低い場合には磁性体基板 5 の飽和磁束密度の低下割合が小さく、また、上記磁性材料の飽和磁束密度の低下割合も小さいので、永久磁石 4 の残留磁束密度が相対的に高くなることなく、磁性体基板 5 に適正な直流バイアス磁界を印加することができる。

従って、本実施形態のアイソレータ 1 によれば、温度特性を向上させたもので

あるので、使用温度によって磁性体基板 5 に直流バイアス磁界が強くなることを防止でき、アイソレーションのピークがずれることが改善され、アイソレーションの周波数特性が変化するのを防止できるので、これにより広い温度範囲で挿入損失を低減して信号の伝達効率を向上することができる。

## 【 0 0 3 8 】

図 4 A は、先の実施の形態のアイソレータ 1 が組み込まれる携帯電話装置（通信機装置）の回路構成の一例を示すもので、この例の回路構成においては、アンテナ 4 0 にアンテナ共用器（ディプレクサ）4 1 が接続され、アンテナ共用器 4 1 の出力側にローノイズアンプ（増幅器）4 2 と段間フィルタ 4 8 と選択回路（混合回路）4 3 を介して受信回路（I F 回路）4 4 が接続され、アンテナ共用器 4 1 の入力側に先の実施の形態のアイソレータ 1 とパワーアンプ（増幅器）4 5 と選択回路（混合回路）4 6 を介して送信回路（I F 回路）4 7 が接続され、選択回路 4 3、4 6 に分配トランス 4 9 を介して局部発振器 4 9 a に接続されて構成されている。

先の構成のアイソレータ 1 は図 4 A に示すような携帯電話装置の回路に組み込まれて使用され、アイソレータ 1 からアンテナ共振器 4 1 側への信号は低損失で通過させるが、その逆方向の信号は損失を大きくして遮断するように作用する。これにより、増幅器 4 5 側のノイズ等の不要な信号を増幅器 4 5 側に逆入力させないという作用を奏する。

## 【 0 0 3 9 】

図 4 B は図 1 から図 3 に示した構成のアイソレータ 1 の動作原理を示すものである。図 4 B に示す回路に組み込まれているアイソレータ 1 は、符号①で示す第 1 ポート P 1 側から符号②で示す第 2 ポート P 2 方向への信号は伝えるが、符号②の第 2 ポート P 2 側から符号③の第 3 ポート P 3 側への信号は終端抵抗 1 3 により減衰させて吸収し、終端抵抗 1 3 側の符号③で示す第 3 ポート P 3 側から符号①で示す第 1 ポート P 1 側への信号は遮断する。

従って、本実施形態のアイソレータ 1 が回路に組み込まれた携帯電話装置は、温度安定性が高く、信頼性が優れるという利点がある。

## 【 0 0 4 0 】

(非可逆回路素子の第 2 の実施の形態)

図 5 は本発明に係る非可逆回路素子をアイソレータとして適用した第 2 の実施の形態を示すもので、この実施形態のアイソレータ 7 0 は、磁性ヨークを兼ねる上ケース 7 1 と下ケース 7 2 とからなる閉磁気回路の内部に、換言すると、上ケース 7 1 と下ケース 7 2 の間に、4 角板状の永久磁石 7 5 とスペーサ部材 7 6 と磁性組立体 1 9 5 とコンデンサ基板 (容量素子) 5 8、5 9、6 0 と終端抵抗 6 1 とこれらを収容する樹脂ケース 6 2 とを収容して構成されている。上ケース 7 1 は、先の実施形態の上ケース 2 と同じ材質のものから形成されている。下ケース 7 2 は、先の実施形態の下ケース 3 と同じ材質のものから形成されている。永久磁石 7 5 は、先の実施形態の永久磁石 4 と同じ材質のものから形成されている。

【 0 0 4 1 】

磁性組立体 9 5 は先の第 1 の実施の形態と同等の電極部 1 6 が平面視略長方形状の磁性体基板 6 5 に巻き付けられて構成されている。この磁性体基板 6 5 は先の実施形態の横長の磁性体基板 5 とほぼ同じ形状であるが若干正形状に近い長方形板状とされている。この磁性体基板 6 5 は、先の実施形態の磁性体基板 5 と同じ材質のものから形成されている。

【 0 0 4 2 】

磁性体基板 6 5 に巻き付けられた電極部 1 6 は、第 1 の中心導体 6 の先端部導体を先のコンデンサ基板 5 9 の一側端部に形成されている電極部 (図示略) に電氣的に接続し、第 2 の中心導体 7 の先端部導体を先のコンデンサ基板 5 8 の他側端部に形成されている電極部 (図示略) に電氣的に接続し、第 3 の中央部導体 8 の先端部導体をコンデンサ基板 6 0 と終端抵抗 6 1 に電氣的に接続して磁性組立体 6 5 にコンデンサ基板 5 8、5 9、6 0 と終端抵抗 6 1 とが接続されている。

図 7 に示す構造のアイソレータ 7 0 においても先の実施の形態のアイソレータ 1 と同等の効果を得ることができる。

【 0 0 4 3 】

なお、上記の実施形態においては、上下のケース内に収納される磁性組立体に備えられる 3 つの中心導体 6、7、8 が図 1 乃至図 3、図 5 に示したような形状



である場合について説明したが、3つの中心導体は、共通電極外周部から3方向に延出形成され、磁性体基板を包むように上記磁性体基板の他面側に折り曲げたときに各中心導体が上記他面側で相互に所定の角度をもって交差するものであれば、他の形状のものであってもよい。

また、上記の実施の形態においては、上ケースを $-35^{\circ}\text{C}$ 以上 $+85^{\circ}\text{C}$ の温度範囲において永久磁石の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から形成した場合について説明したが、上ケースの少なくとも一部が上記磁性材料から形成されていてもよい。また、下ケースの方が永久磁石からの距離が近い場合は、下ケースの少なくとも一部が上記磁性材料から形成されていてもよい。

#### 【 0 0 4 4 】

#### 【実施例】

以下、実施例により本発明をより詳細に説明する。ただし、以下の実施例は本発明を限定するものではない。

#### （実験例1）

アイソレータを構成する永久磁石に用いる材料の残留磁束密度と磁性体基板に用いる材料の飽和磁束密度の温度依存性についてそれぞれ調べた。永久磁石に用いる材料は、フェライト磁石を使用した。磁性体基板に用いる材料としては $\text{Y}_3\text{Fe}_{4.37}\text{Al}_{0.57}\text{O}_{12}$ を使用した。

ここでの飽和磁束密度の温度特性は、 $-35^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ の範囲で雰囲気温度を変更したときの各材料の飽和磁束密度 $B_s$ （永久磁石材料については残留磁束密度 $B_r$ ）を測定し、飽和磁束密度の変化率（永久磁石材料については残留磁束密度の変化率）を調べた。その結果を図6に示す。図6は、永久磁石材料と磁性体基板材料の温度依存性を示すグラフであり、横軸の $T$ は雰囲気温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）、縦軸の変化（ $\%$ ）は、雰囲気温度が $25^{\circ}\text{C}$ のときの飽和磁束密度 $B_{s25}$ の値に対する各温度での飽和磁束密度 $B_s$ の値の変化率（ $B_s/B_{s25}\%$ ）（永久磁石材料については雰囲気温度が $25^{\circ}\text{C}$ のときの残留磁束密度の値に対する各温度での残留磁束密度の値の変化率（ $B_r/B_{r25}\%$ ）であり、①線は永久磁石材料の残留磁束密度の温度特性、②線は磁性体基板材料の飽和磁束密度の温度特

性を示している。

【0045】

図6に示す結果から磁性体基板材料の $Y_3Fe_{4.37}Al_{0.57}O_{12}$ は $-35^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ の範囲における飽和磁束密度は35%低下( $-35^{\circ}C$ のときの $B_s/B_{s25}$ (%)に対して $85^{\circ}C$ のときの $B_s/B_{s25}$ (%)は35%低下)しており、一方、永久磁石材料のフェライト磁石は $-35^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ の範囲における残留磁束密度は21.6%低下しており( $-35^{\circ}C$ のときの $B_s/B_{s25}$ (%)に対して $85^{\circ}C$ のときの $B_s/B_{s25}$ (%)は21.6%低下)しており、 $-35^{\circ}C \sim +85^{\circ}C$ の範囲では磁性体基板材料と永久磁石材料の温度特性の差が大きいことがわかる。

【0046】

(実験例2)

上ケース2の厚さ $t$ を0.2mm、材質を $Fe_{69}Ni_{31}$ とし、下ケース3の厚さ $t$ を0.1mm、材質を純鉄とし、永久磁石4の材質をフェライト磁石とし、磁性体基板5の材質を $Y_3Fe_{4.37}Al_{0.57}O_{12}$ とし、コンデンサ基板11、12としては日本タングステン単板型コンデンサ( $CaTiO_3$ 系)を使用し、目標アイソレーション周波数ピークを0.9GHzにした以外は図1乃至図3に示したアイソレータ1と同様のアイソレータを作製し、実施例1とした。

この実施例1のアイソレータの永久磁石4の残留磁束密度の温度係数は $-0.18\%/^{\circ}C$ 、従って温度係数の絶対値は $0.18\%/^{\circ}C$ 、下ケース3の飽和磁束密度は $-1.0\%$ 変化( $-35^{\circ}C$ のときの飽和磁束密度に対して $85^{\circ}C$ のときの飽和磁束密度が1.0%低下)、飽和磁束密度の温度係数は $-0.01\%/^{\circ}C$ 、従って温度係数の絶対値は $0.01\%/^{\circ}C$ 、磁性体基板5の飽和磁束密度の温度係数は $-0.25\%/^{\circ}C$ 、従って、温度係数の絶対値は $0.25\%/^{\circ}C$ 、上ケース2の飽和磁束密度( $4\pi Ms$ )は $-62\%$ 変化( $-35^{\circ}C$ のときの飽和磁束密度に対して $85^{\circ}C$ のときの飽和磁束密度が62%低下)しており、飽和磁束密度の温度係数は $-0.52\%/^{\circ}C$ 、従って、温度係数の絶対値は $0.52\%/^{\circ}C$ であった。

## 【 0 0 4 7 】

上ケース 2 の厚さ  $t$  を 0. 1 5 mm とした以外は上記実施例 1 と同様のアイソレータを作製し、実施例 2 とした。この実施例 2 のアイソレータの上ケース 2 の飽和磁束密度の温度係数は  $-0. 5 2 \% / ^\circ\text{C}$ 、従って、温度係数の絶対値は  $0. 5 2 \% / ^\circ\text{C}$  であった。

上ケース 2 の厚さ  $t$  を 0. 2 mm、材質を  $\text{Fe}_{68}\text{Ni}_{32}$  とし、下ケース 3 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を純鉄とした以外は上記実施例 1 と同様のアイソレータを作製し、実施例 3 とした。

上ケース 2 の厚さ  $t$  を 0. 2 mm、材質を  $\text{Fe}_{67.7}\text{Ni}_{32.3}$  とし、下ケース 3 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を純鉄とした以外は上記実施例 1 と同様のアイソレータを作製し、実施例 4 とした。

## 【 0 0 4 8 】

上ケース 2 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を純鉄とし、下ケース 3 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を純鉄とした以外は上記実施例 1 と同様のアイソレータを作製し、比較例 1 とした。この比較例 1 の上下ケース 2、3 の飽和磁束密度の温度係数は  $-0. 0 1 \% / ^\circ\text{C}$ 、従って温度係数の絶対値は  $0. 0 1 \% / ^\circ\text{C}$  であった。

上ケース 2 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を  $\text{Fe}_{58}\text{Ni}_{42}$  (42 アロイ材) とし、下ケース 3 の厚さ  $t$  を 0. 1 mm、材質を純鉄とした以外は上記実施例 1 と同様のアイソレータを作製し、比較例 2 とした。この比較例 2 のアイソレータの上ケース 2 の飽和磁束密度の温度係数は  $-0. 1 1 \% / ^\circ\text{C}$ 、従って、温度係数の絶対値は  $0. 1 1 \% / ^\circ\text{C}$  であった。

## 【 0 0 4 9 】

次に、作製した実施例 1 ～ 4、比較例 1 ～ 2 のアイソレータのアイソレーション周波数の温度特性について調べた。

ここでのアイソレーション周波数の温度特性は、 $-35^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の範囲で雰囲気温度を変更したときの各アイソレータのアイソレーション周波数  $F$  のピークの測定し、アイソレーション周波数ピークの変化量  $\Delta F$  を調べた。その結果を表 1 と図 7 に示す。図 7 のグラフの横軸の  $T$  は雰囲気温度 ( $^\circ\text{C}$ )、縦軸の  $\Delta F$  は雰囲気温度が  $25^\circ\text{C}$  のときのアイソレーション周波数ピークの値と各温度でのアイ

ソレーション周波数ピークの値の差である。

【 0 0 5 0 】

【表 1】

	$\Delta F$ (MHz)				
	-35℃	-10℃	+25℃	+70℃	+85℃
実施例 1	-5.1	-3.0	+0.0	-2.0	-2.7
実施例 2	-8.6	-5.0	+0.0	-3.0	-4.0
実施例 3	-11.2	-6.8	+0.0	+4.2	+5.5
実施例 4	-13.5	-7.0	+0.0	+5.9	+7.8
比較例 1	-23.0	-13.4	+0.0	+22.5	+30.0
比較例 2	-23.5	-13.7	+0.0	+21.2	+28.3

【 0 0 5 1 】

図 7 と表 1 に示す結果から上下のケース共純鉄から形成した比較例 1 のアイソレータは、 $\Delta F$  が -23.0 ~ +30.0 の間で変化しており、上ケースを  $Fe_{58}Ni_{42}$  から形成した比較例 2 のアイソレータは、 $\Delta F$  が -23.5 ~ +28.3 の間で変化しており、比較例 1 ~ 2 のものはアイソレーション周波数ピークの温度特性が悪いことがわかる。

これに対して上ケースを  $Fe_{69}Ni_{31}$  から形成した実施例 2 のアイソレータは、 $\Delta F$  が -8.6 ~ 0 の間で変化しており、比較例 1 ~ 2 のものに比べて  $\Delta F$  が小さく、アイソレーション周波数ピークの温度特性が優れており、また、実施例 2 のものより上ケースの厚みを厚くした実施例 1 は  $\Delta F$  が -5.1 ~ 0 間で変化しており、実施例 2 のものよりアイソレーション周波数ピークの温度特性がさらに優れていることがわかる。

また、図 7 と表 1 に示す結果から実施例 3 のアイソレータの 85℃での  $\Delta F$  は +5.5 であり、実施例 4 のアイソレータの 85℃での  $\Delta F$  は +7.8 であり、比較例 1 ~ 2 のものに比べて  $\Delta F$  が小さく、アイソレーション周波数ピークの温度特性が優れていることがわかる。

【 0 0 5 2 】

(実験例 3)

上記で作製した実施例 1 のアイソレータを 2 5℃と 8 5℃で使用したときのアイソレーションの周波数特性をそれぞれ測定した。その結果を図 8 に示す。ここでのアイソレーションの周波数特性はアイソレータ部を試験槽に入れ、2 5℃及び 8 5℃にそれぞれ安定した後にネットワークアナライザで測定した。

図 8 に示す結果から実施例 1 のアイソレータは、2 5℃で使用したときの周波数ピークは 9 2 6 M H z 付近にあり、8 5℃で使用したときも同様に周波数ピークは 9 2 6 M H z ( 0 . 9 2 6 G H z ) 付近にあることから使用温度が変化してもアイソレーション周波数ピークのずれが小さいことがわかる。従って、実施例 1 のアイソレータは、温度特性が向上しており、挿入損失の温度変化も抑制できている。また同様に信号の伝達効率を向上できることがわかる。

【 0 0 5 3 】

( 実験例 4 )

$\text{Fe}_{100-b}\text{Ni}_b$  なる組成の磁性材料の  $\text{Ni}$  量 ( 原子 % ) とキュリー点  $T_c$  (℃) と飽和磁束密度  $B_s$  ( T ) の温度変化との関係を調べた。その結果を表 2 と図 9 に示す。図 9 は、 $\text{Fe}_{100-b}\text{Ni}_b$  なる組成の磁性材料の  $\text{Ni}$  量と飽和磁束密度の温度変化との関係を示すグラフである。

【 0 0 5 4 】

【表 2】

Ni 量 [原子%]	飽和磁束密度 [T]						飽和磁束密度の 温度係数 [%/°C]	飽和磁束密度の 変化量 [%]	キュリー点 [°C]
	-35°C	-30°C	25°C	80°C	85°C	85°C			
31	0.83	0.81	0.6	0.34	0.32	0.32	-0.52	-35°C~+85°C -61.84	100
32	1.02	1	0.79	0.53	0.51	0.51	-0.42	-50.31	115
32.3	1.04	1.02	0.83	0.54	0.51	0.51	-0.42	-50.48	118
36	1.51	1.5	1.34	1.15	1.13	1.13	-0.21	-25.21	230
42	1.67	1.66	1.57	1.45	1.44	1.44	-0.11	-13.73	400
100	2.20	2.2	2.19	2.18	2.18	2.18	-0.01	-0.99	750

【0 0 5 5】

表 2 と図 9 から  $\text{Fe}_{100-b}\text{Ni}_b$  なる組成の磁性材料において Ni の含有量が 42 原子%未満、例えば、Ni の含有量が 41 原子%であればキュリー点  $T_c$  が 400°C 未満以下を示し、また、Ni の含有量が 31 原子%以上 41 原子%

以下であればキュリー点  $T_c$  が  $100^{\circ}\text{C}$  以上  $400^{\circ}\text{C}$  未満を示すと考えられる。  
また、Ni の含有量が 31 原子% 以上 36 原子% 以下であればキュリー点  $T_c$  が  $100^{\circ}\text{C}$  以上  $230^{\circ}\text{C}$  以下を示すことがわかる。

また、 $T_c$  が  $100^{\circ}\text{C}$  以上  $400^{\circ}\text{C}$  未満を示す各磁性材料の  $-35^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$  の飽和磁束密度の変化量は、約  $-61.8\%$  以上約  $-13.7\%$  未満になっており、 $T_c$  が  $400^{\circ}\text{C}$  の  $\text{Fe}_{58}\text{Ni}_{42}$  なる組成の磁性材料（比較例 2）ではバイアス磁界の補正効果が小さくなっていることがわかる。従って、バイアス磁界の補正効果を得る上では、より好ましくは  $T_c$  が  $230^{\circ}\text{C}$  以下を示す磁性材料を用いることが良いことがわかる。

#### 【0056】

##### 【発明の効果】

以上説明したように本発明の非可逆回路素子においては、磁性ヨークを兼ねる金属製ケースの少なくとも一部は、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において永久磁石の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から形成されたことにより、 $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において永久磁石の残留磁束密度の温度係数と、フェライトからなる磁性体の飽和磁束密度の温度係数の差が大きくても、この温度係数の差は上記磁性ヨークを兼ねる金属製ケースに用いた磁性材料によって補償され、使用温度によって磁性体に直流バイアス磁界が強くかかることを防止できるので、温度特性が向上したものとなり、これによってアイソレーションの温度変化が改善され、信号の伝達効率に優れた非可逆回路素子を提供できる。

また、本発明の通信機装置によれば、温度特性を向上させることにより、挿入損失の温度変化を抑制して信号の伝達効率に優れた本発明の非可逆回路素子が備えられたことで、温度安定性が高い通信機装置を提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 A は本発明の第 1 の実施の形態に係るアイソレータの一部分を取り除いた状態を示す平面図、図 1 B は同アイソレータの断面図である。

【図 2】 図 2 は本発明に係るアイソレータに用いられる磁性体基板の一例を示す平面図。

【図 3】 図 3 は本発明に係るアイソレータに用いられる電極部の展開図である。

【図 4】 図 4 A はこの種のアイソレータが備えられる電気回路の一例を示す図、図 4 B はアイソレータの動作原理を示す図である。

【図 5】 図 5 は本発明に係るアイソレータの他の実施の形態を示す分解斜視図である。

【図 6】 図 6 は永久磁石材料と磁性体基板材料の温度依存性を示すグラフである。

【図 7】 図 7 は実施例 1 ～ 4、比較例 1 ～ 2 のアイソレータのアイソレーション周波数の温度特性を示すグラフである。

【図 8】 図 8 は実施例 1 のアイソレータのアイソレーションの周波数特性を示すグラフである。

【図 9】 図 9 は  $\text{Fe}_{100-b}\text{Ni}_b$  なる組成の磁性材料の  $\text{Ni}$  量と飽和磁束密度の温度変化との関係を示すグラフである。

【図 10】 図 10 は従来のアイソレータの例を示す分解斜視図である。

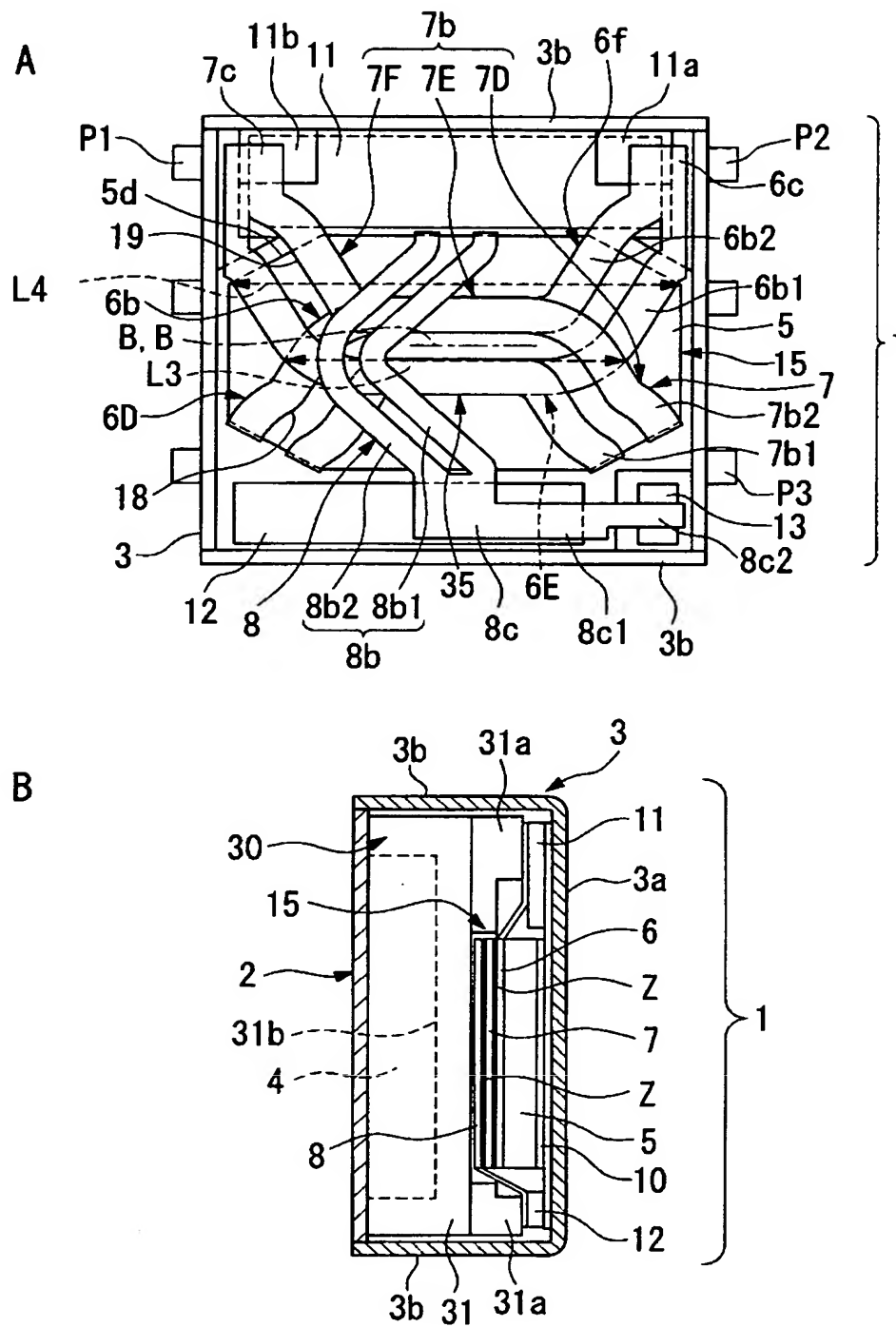
【符号の説明】

1, 70…アイソレータ（非可逆回路素子）、2, 71…上ケース（磁性ヨークを兼ねる金属製ケース）、3, 72…下ケース（磁性ヨークを兼ねる金属製ケース）、4, 75…永久磁石、5, 65…磁性体基板（磁性体）、6…第 1 の中心導体、7…第 2 の中心導体、8…第 3 の中心導体、11, 12, 58, 59, 60…コンデンサ基板（容量素子）、15, 95…磁性組立体、16…電極部。

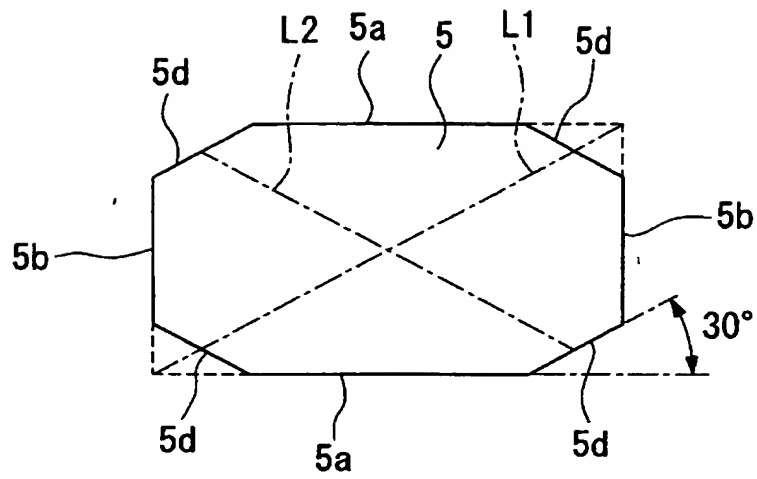


【書類名】 図面

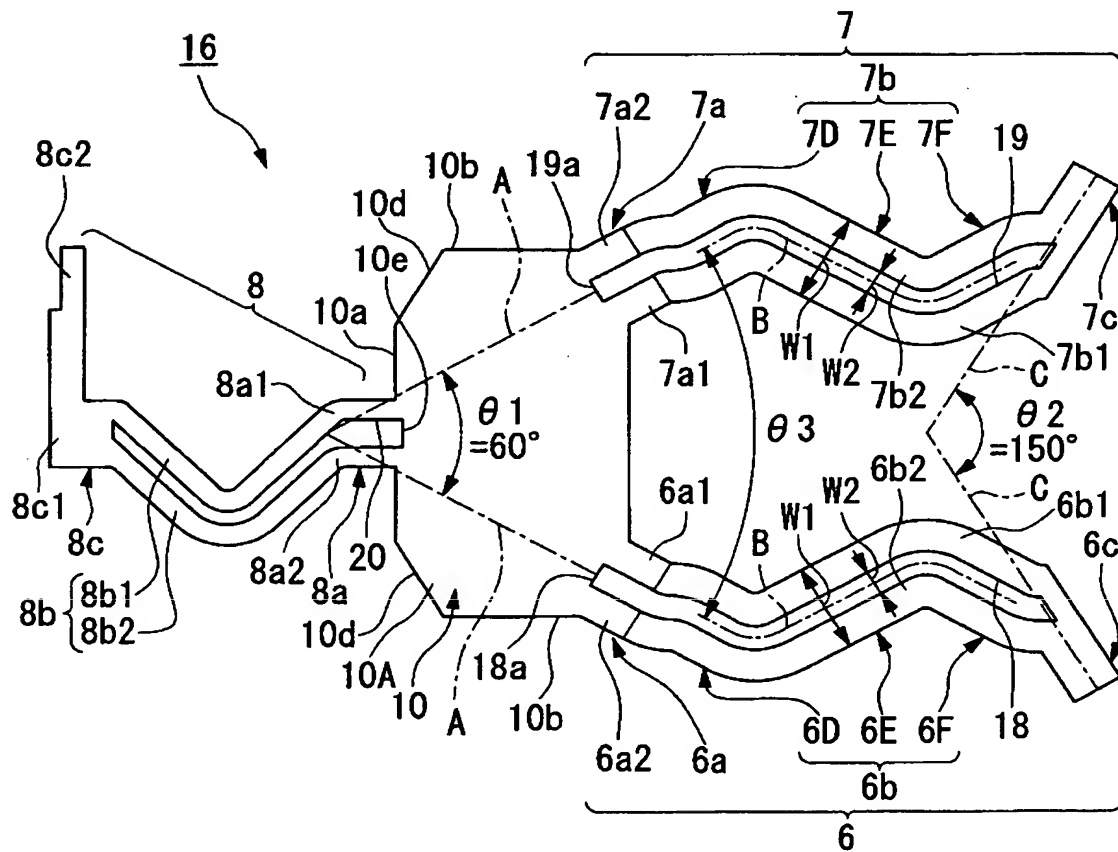
【図 1】



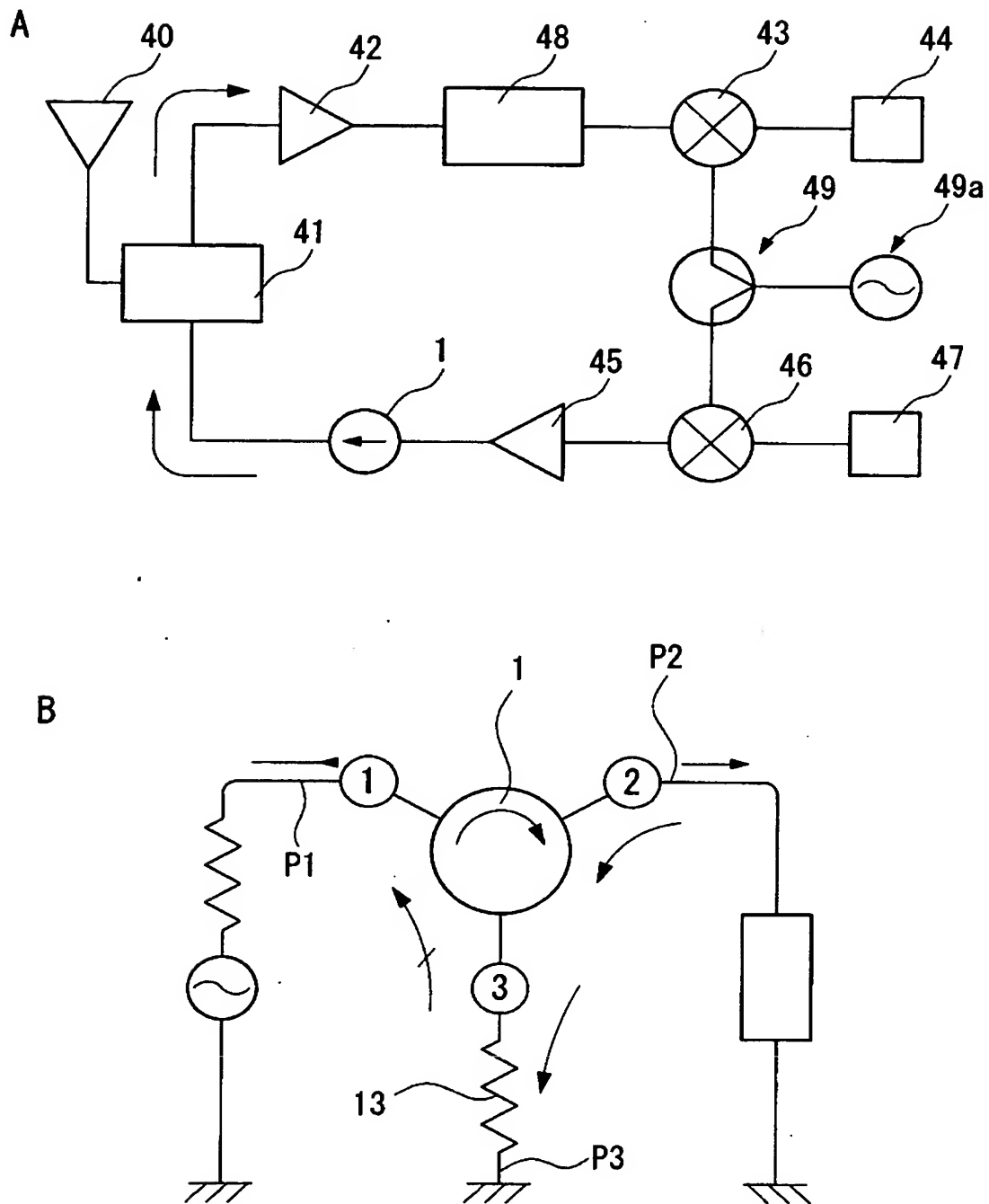
【図 2】



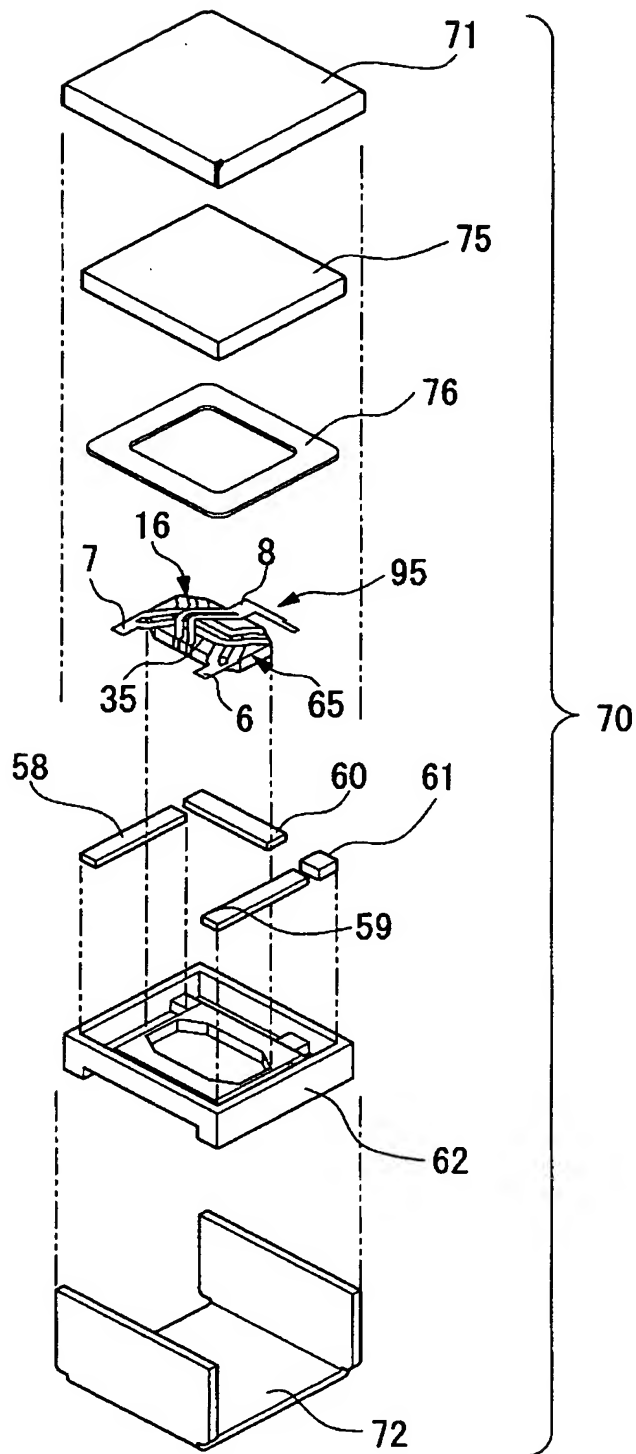
【図 3】



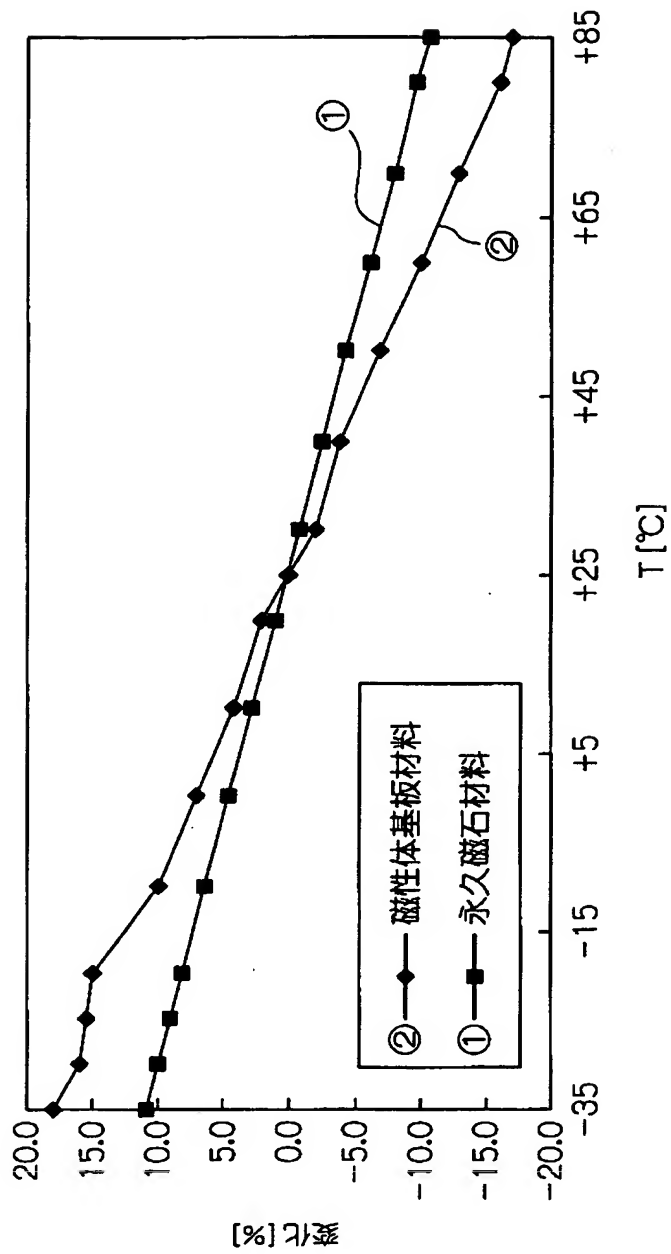
【図4】



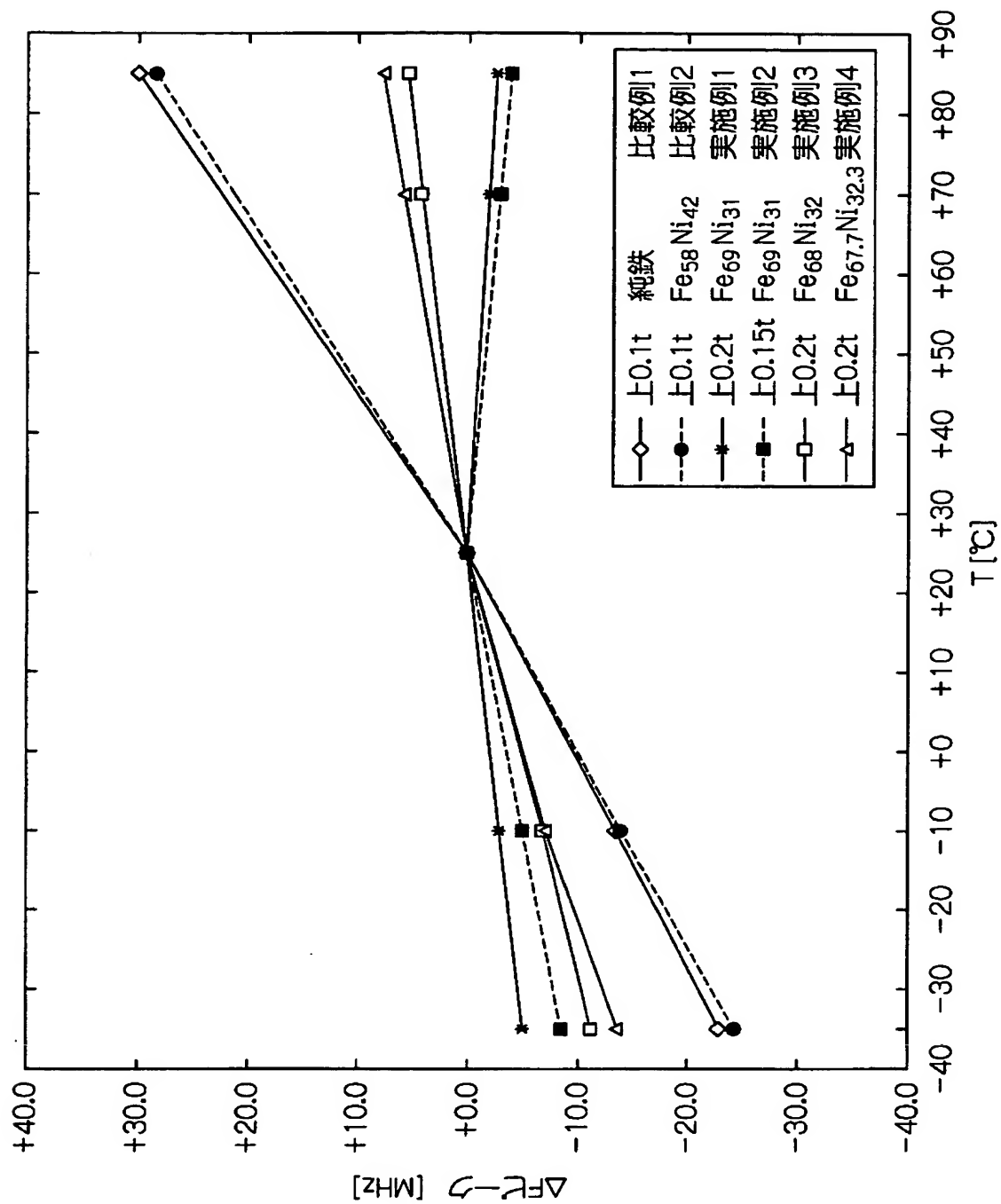
【図 5】



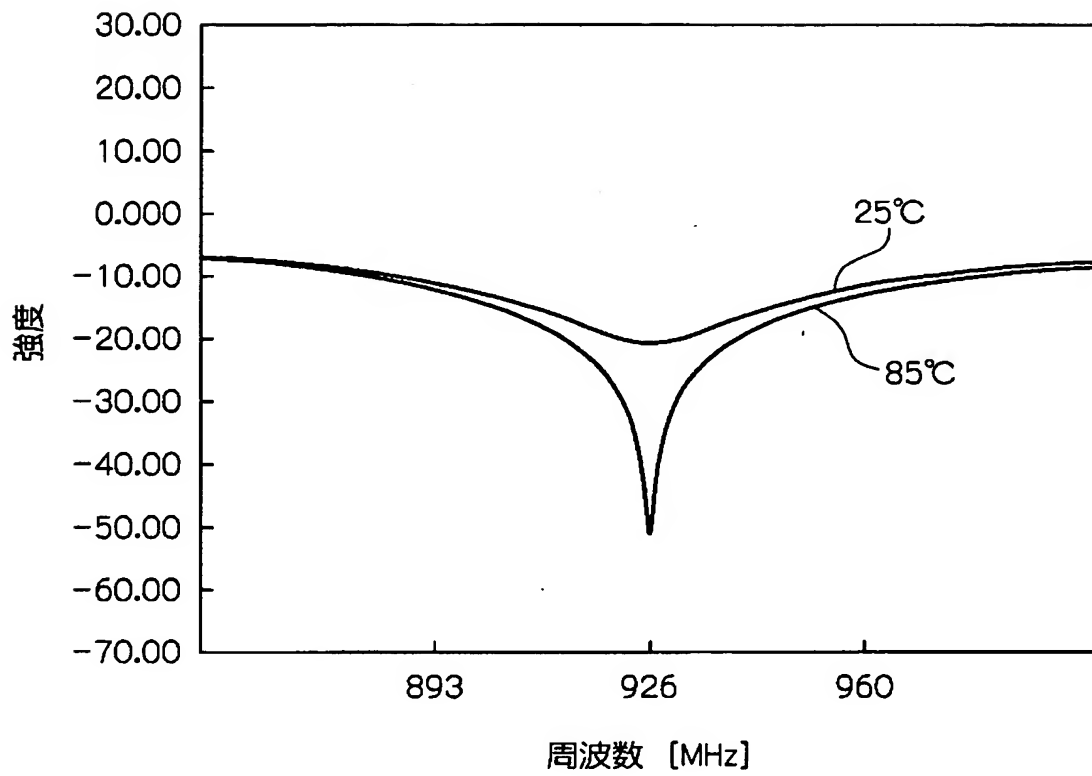
【図 6】



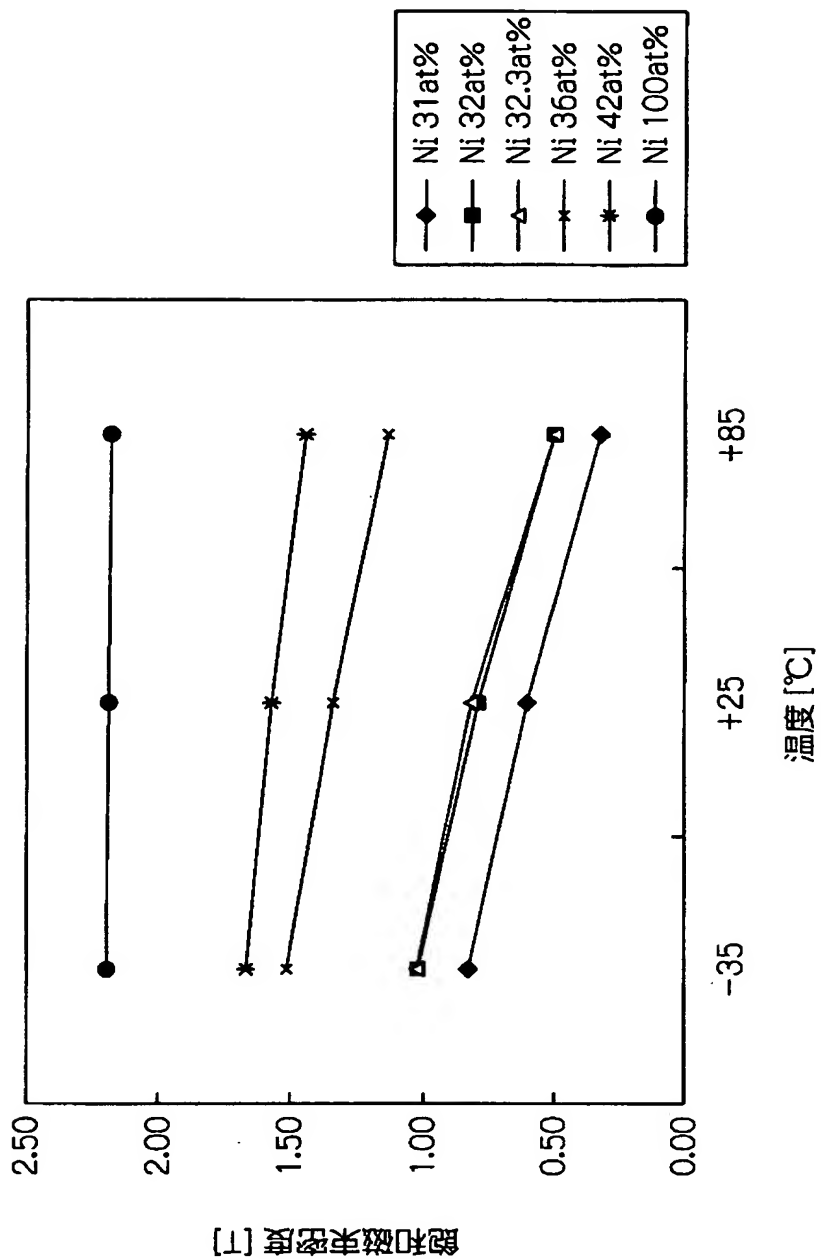
【図 7】



【図 8】

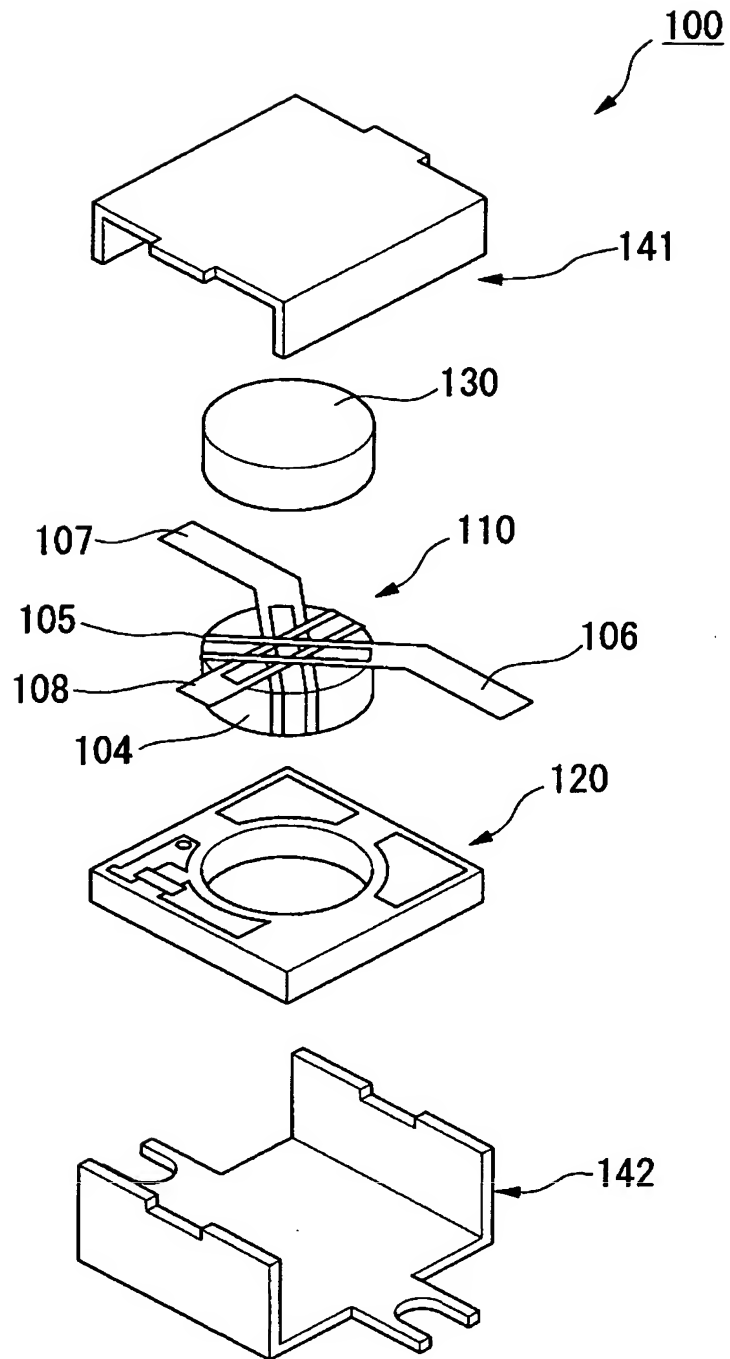


【図 9】





【図 1 0】



【書類名】            要約書

【要約】

【課題】    温度特性を向上させることで、挿入損失を抑制して信号の伝達効率に優れた非可逆回路素子の提供。

【解決手段】    共通電極 1 0 と 3 つの中心導体 6、7、8 からなる電極部と、フェライト磁性体 5 とからなる磁性組立体 1 5 と、上記各中心導体に対応して設けられるとともに対応する中心導体に接続される容量素子 1 1、1 2 と、磁性体 5 に直流バイアス磁界を印加する永久磁石 4 とが、磁性ヨークを兼ねる上下のケース 2、3 内に収納されてなり、上記磁性ヨークを兼ねる上下のケース 2、3 の少なくとも一部の飽和磁束密度及び永久磁石 4 の残留磁束密度は負の温度係数を有し、しかも上記磁性ヨークの少なくとも一部は  $-35^{\circ}\text{C}$  以上  $+85^{\circ}\text{C}$  の温度範囲において永久磁石 4 の残留磁束密度の温度係数の絶対値よりも飽和磁束密度の温度係数の絶対値が大きい磁性材料から形成されている非可逆回路素子 1。

【選択図】            図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2002-234070
受付番号	50201195331
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成14年 8月12日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000010098
【住所又は居所】	東京都大田区雪谷大塚町1番7号
【氏名又は名称】	アルプス電気株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 1 0 0 9 8 ]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号
氏 名	アルプス電気株式会社